

Virtuaalimalli ja -tila suunnittelu- välineenä

11. Pääsuunnittelijakoulutus

Janne Rajala

Virtuaalimalli ja -tila
suunnitteluvälineenä
11. Pääsuunnittelija - koulutusohjelma

Janne Rajala

Aalto-yliopiston julkaisusarja
CROSSOVER 11/2012

© Tekijä

ISBN 978-952-60-4492-7 (pdf)
ISSN-L 1799-4950
ISSN 1799-4969 (pdf)

Unigrafia Oy
Helsinki 2012

Sisällysluettelo

Johdanto	s. 4-5
Virtuaalimallin ja virtuaalitilan määrittely	s. 6
Virtuaalimalli arkkitehtisuunnittelun työkaluna	s. 7-8
Virtuaalimallin asettamat vaatimukset suunnitteluhankkeelle	s. 9
Virtuaalimallin soveltaminen rakennussuunnittelun eri suunnitteluvaiheissa	s. 9
Virtuaalimallin aiheuttamat muutokset suunnitteluprosessiin	s. 9-10
Virtuaalimallin tekninen toteutus	s. 10-11
Virtuaalikuvan tekninen toteutus	s. 11
Virtuaalitilan tekninen toteutus	s. 12-14
Virtuaalimallin mahdollistamat suunnittelun lisäefektit ja -ulottuvuudet	s. 15
Virtuaalimallin tuottamisen ja hyödyntämisen mahdollisuudet nyt ja tulevaisuudessa	s. 16
Virtuaalimallin hyödyntäminen rakennetun ympäristön ja maankäytön suunnittelussa	s. 17
Virtuaalimallin hyödyntäminen rakennussuunnittelussa	s. 17-18
Virtuaalimallin heikkoudet ja rajoitteet	s. 19
Virtuaalimalli markkinoinnin välineenä	s. 19
Virtuaalimallin antaman tiedon ja palautteen kerääminen ja analysointi	s. 20-21
Kokemuksia suunnitteluhankkeista, joissa on hyödynnetty virtuaalimallia	s. 22-24
Yhteenveto	s. 25
Analyysi	s. 26
Lähteet	s. 27
Virtuaalimallien julkiset demot	s. 28
Valokuvia virtuaalitilojen esittelytilanteista	s. 29-30



Kuvassa Seinäjoen teknologiakeskus FRAMl:n CAVE-virtuaalistudiossa esiteltävä tilasimulaatio, jossa mallinnettuna luonnosvaiheen rakennus lähiympäristöineen, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

VIRTUAALIMALLI JA –TILA SUUNNITTELUVÄLINEENÄ

Johdanto

Etenkin pääsuunnittelijan ja projektiarkkitehdin kannalta yhä moniulotteisemmaksi ja sirpaloituneemmaksi käyneiden suunnittelu- ja toteutusprosessien osien ja kokonaisuuden hallinta, suunnittelun ohjaus, yhteen sovittaminen, tarkastaminen, valvonta ja työstö on tullut entistä vaativammaksi tehtäväksi.

Suunnittelijoiden ohella myös useimmille lopputuotteen käyttäjille, sekä monille ei-ammattimaisille rakennuttajille ja tilaajille on suunnitelmien sisäistäminen ja hahmottaminen joko varsin vaikeaa tai jopa täysin ylivoimaista - siitä huolimatta juuri nämä osapuolet tekevät huomattavan osan suunnitelmien sisältöön sekä näin ollen mitä suurimmassa määrin myös lopputuloksen laatuun ja toimivuuteen vaikuttavista päätöksistä.

Suunnitteluprosessin aikana tehtäviä suunnitelmia työtetään, tarkennetaan, täydennetään, muokataan, muutetaan ja hiotaan kohti niiden avulla syntyvää lopputulosta. Suunnitelmien selkeä ja riittävä presentaatio sekä sen myötä saatu oikea-aikainen palaute sekä sen analysointi ja huomiointi onkin avainasemassa suunnitteluhankkeen menestyksessä läpiviennissä - koska suunnitelmathan eivät ole valmiit ja lopulliset, ennen kuin itse suunnittelukohde on valmis.



Kuvassa Seinäjoen CAVE-virtuaalitudiossa simuloitu rakennuksen runkovaiheen 3D-malli tarkasteltavana. Kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.

Suunnitteluhankkeessa kaikkien eri suunnittelualojen muodostama suuri, hämähäkinseittimäinen kudelman, suunnitteluprojektin vakiintuneena selkärankana oleva CAD -tiedosto on etenkin suunnittelun tärkeimmälle osapuolelle, lopputuotteen käyttäjille melko vaikeaselkoinen, jollei jopa tyystin tuntematon tietokenttä. Tämä on tunnettu viestintäongelma ja suunnittelun selkeä pullonkaula, jonka avaamiseksi, tulkkaukseksi sekä hahmottamiseksi selkokieliseen, helposti ymmärrettävään ja sulatettavaan, visuaaliseen muotoon tarjoaa virtuaalimalli niin suunnittelijoille kuin muille rakennushankkeen osapuolille uuden apuvälineen.

Tässä tutkielmassa keskitytään vielä tällä hetkellä kehittyasteella olevan, virtuaalistudiossa tuotettavan keinotodellisuuden hyödyntämiseen, siitä saatuihin kokemuksiin, sekä sen myötä avautuviin tulevaisuuden mahdollisuuksiin, lähinnä arkkitehti- ja pääsuunnittelijan näkökulmasta tarkasteltuna.

Toisena tarkastelunäkökulmana on se, miten virtuaalimallin käyttö suunnitteluvälineenä muuttaa ja muokkaa itse suunnitteluprosessia, sen hallintaa ja vaatimuksia.

Kolmantena kysymyksenä käsitellään sitä, mitä annettavaa virtuaalimallilla on muille suunnitteluhankkeen osapuolille kuten käyttäjille, tilaajalle, rakennuttajakonsultille, urakoitsijoille sekä muille suunnittelijoille nyt ja tulevaisuudessa.

Määritelmiä: - **Virtual reality**, VR - virtuaalitodellisuus eli kuviteltu, tietokoneella luotu maailma.
 - **Augmented reality**, AR - lisätty todellisuus eli oikea maailma, johon lisätty virtuaalisia osia.
 - **CAVE** Simulaatiotila; VR-virtuaalistudio, jossa liikutaan virtuaalimallissa



Kuvassa Seinäjoen teknologiakeskus FRAMI:n CAVE-virtuaalistudiossa esiteltävä F-rakennuksen tilasimulaatio, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

Virtuaalimallin ja virtuaalitilan määrittely

Virtuaalimallilla tarkoitetaan tässä yhteydessä tietokoneella tuotettua, kolmiulotteisesti mallinnettua sekä kolmiulotteisena tarkasteltavaa, oliopohjaista CAD-suunnitelmaa, jota menetelmää on lentokone-, auto- ja tietokonepeliteollisuuden sekä tuotesuunnittelun ohella alettu viime aikoina hyödyntää myös rakennusten, teiden ja maankäytön suunnittelussa ja simuloinnissa.

Virtuaalimallia voidaan nykytekniikalla tarkastella esimerkiksi katsomalla 3D-näyttöä, 3D-videolaseja, 3D-projisointipintaa, taikka liikkumalla fyysisesti kolmiulotteisessa, 1:1 mittakaavaisessa, virtuaalistudiossa eli tähän tarkoitukseen rakennetussa esitystilassa tuotetussa, katsojaa ja kokijaa ympäröivässä keinotodellisuudessa, simulaattorissa.

Virtuaalimallista käytetään joissakin yhteyksissä myös moniselitteistä ja tulkinnanvaraista nimitystä 4D-malli, jossa neljäs ulottuvuus voi tapauksesta ja käyttöympäristöstä riippuen tarkoittaa milloin liikettä, aikaa, tuntoa, ääntä, hajua, lämpötilaa, taikka jotakin muuta, muulla tavoin kuin pelkän näköaistin varaisesti kolmiulotteisuuden ohella aistittavaa lisäulottuvuutta tai -ominaisuutta.

Toisinaan virtuaalimalliksi nimitetään hieman hämäävästi myös tietokoneanimoitua, kaksiulotteista katseluohjelmaa, ns. viewer'iä, jossa markkinointia ja visualisointia varten tehtyä CAD-mallia voidaan joko pyöritellä näytöllä siten, että sitä voidaan liikutella ja tarkastella halutusta, vapaasti valitusta katselupisteestä käsin. Vaihtoehtoisesti tämän tyyppinen esittelyanimaatio pyörii valmiiksi reititetynä videoesityksenä, joka voidaan ainoastaan käynnistää, pysäyttää ja lopettaa napista painamalla.

Kun 3D-malliin yhdistetään liike, voidaan myös puhua tietokoneanimaatiosta, mutta keinotodellisuuden ja animaation ero on se, että virtuaalitodellisuudessa ollaan itse mukana siihen integroituna kokijana. Siellä voidaan olla ja liikkua aktiivisena toimijana; sitä voidaan jopa kosketella, haistella ja kuunnella, eli kokea se olemalla itse keinotodellisuuden ympäröimänä ja osana, virtuaalimallin sisäpuolella liikkuvana kokijana, kun taas perinteistä 2D- tai 3D-animaatiota puolestaan katsellaan enemmänkin ulkopuolisena katsojana ja tarkkailijana.

Virtuaalimallin ja virtuaalitilan avulla tuotettavan, katsojaa ja kokijaa kolmiulotteisena ympäröivän keinotodellisuuden avulla saavutettava, erehdyttävästi todellisen läsnäolon ja eläytymisen tunne, sekä sen myötä luodun tilailluusion aistimuksen voimakkuus ja kokonaisvaltaisuus on viety uuden näyttötekniikan ja tietokoneohjelmistojen avulla huomattavasti pidemmälle kuin aiemmin oli mahdollista.

Virtuaalimallin ja -tilan luoman keinotodellisuuden eli simulaation ”sisällä” liikkuesssa huijataan paitsi silmää, myös tasapainoaistia, joka reagoi tähän todellisen oloiseen, mutta epätodelliseen tilanteeseen samoin kuin merillä taikka autossa saattaa käydä; osalle ihmisistä tulee virtuaalistudiossa merisairautta taikka matkapahoinvointia vastaava reaktio. Tämä ilmiö johtuu siitä, että myös horisontti on keinotodellisessa, simuloitussa ympäristössä keino-sellinen, jolloin normaalista kävelystä poikkeava virtuaalimallissa liikkuminen taikka ympäröivän mallin liikuttaminen antaa elimistölle väärän signaalin, johon tilanteeseen tottuminen vaatii osalta ihmisistä hieman aikaa.

Virtuaalimalli arkkitehtisuunnittelun työkaluna

Virtuaalimallin käyttötavat ja rooli suunnitteluhankkeessa voi vaihdella yhden tilan, kalusteen taikka yksittäisen rakennuksen julkisivujen ja massoitellun luonnosmaisesta 3D-simuloinnista aina kokonaisen rakennuksen taikka ympäristökokonaisuuden fotorealistiseen mallinnukseen saakka.

Virtuaalimalleja voidaan hyödyntää eri suunnitteluvaiheissa monipuolisesti alustavasta luonnosvaiheen ideaa havainnollistavasta hahmomallista aina toteutusvaiheen detaljoituun työmalliin saakka. Hankkeen valmistuttua voidaan tarkekuvien mukaisesti päivitetty, lopullinen virtuaalimalli liittää osaksi rakennuksen tietokantapohjaista huoltokirjaa.

Virtuaalimalli on muutamien suunnitteluhankkeiden myötä saatujen myönteisten ja kannustavien kokemusten perusteella vuorovaikutteisen, käyttäjälähtöisen suunnittelumetodin hyödyllinen apuväline; uusi suunnittelupalvelun muoto, joka tuottaa käyttäjälle ja tilaajalle lisäarvoa. Sen avulla havainnollistetaan monimutkaiset ja vaikeaselkoiset tekniset suunnitelma-asiakirjat helposti hahmotettavaan, sisäistettävään ja ”maallikolle” joka suhteessa ymmärrettävään, konkreettiseen, 1:1 mittakaavaisena koettavaan muotoon, jota voidaan tarkastella ja testata siinä joko vapaasti taikka ohjatusti ja opastetusti liikkumalla.

Kolmiulotteinen tarkastelumalli toimii pääsuunnittelijalle sekä kaikille muille (ARK, RAK-, LVIS- ja AKU- jne) suunnittelijoille suunnitelmien yhteensovittamis-, tarkastelu- ja testausvälineenä, jonka avulla voidaan suunnittelua tehokkaasti arvioida, ohjata ja muokata. Sen avulla voidaan myös hyvissä ajoin välttää ilmeiset virheet, joita voi jälkikäteen olla muutoin vaikeaa tai jopa mahdotonta korjata.

Virtuaalimalli on parhaimmillaan rakennussuunnittelun vakiintuneeksi työmenetelmäksi tullut tietomallin visuaalinen käyttöliittymä, lisäulottuvuus ja suunnittelun lisäoptio, sekä päätöksenteon apuväline, joka tarjoaa laaja-alaista, visuaaliseen muotoon muokattua ja koottua, myös ilman suunnittelukoulutusta ja -kokemusta helposti omaksuttavissa olevaa tietoa.

Virtuaalimalli voidaan nähdä myös suunnittelukäytäntöä muokkaavana, entistä käyttäjäystävällisemmäksi sekä käyttäjälähtoisemmäksi kehittävänä, uutena käyttöliittymänä, jonka tuottamaa miellyttävää ja helposti omaksuttavaa käyttäjäkokemusta voidaan verrata puhelinten ja tietokoneiden puolella tapahtuneeseen tekniseen kehitykseen, jossa visuaalinen ja konkreettisesti käsin kosketeltava käyttöliittymä on korvannut kömpelömmän, valikkoviidakossa näppäilemällä tapahtuvan, vaikeammin omaksuttavan ja hitaamman käyttöliittymän.

Virtuaalimalli toimii osaltaan suunnittelun laadunvarmistuksen ja tilallisen, toiminnallisen sekä esteettisen toimivuuden testauksen visuaalisena välineenä, jota tietomallia hyödyntävät törmäystarkasteluohjelmat täydentävät. Virtuaalimallissa kävellessä havaittavien suunnitteluvirheiden ohella etenkin kaikki ontuvat ja omituiset kohdat pistävät silmään – samoin kuin myös täysin miettimättä jääneet ratkaisut tulevat nekin simuloitaessa kirjaimellisesti silmille.

Virtuaalimallin käyttömahdollisuuksia voidaan hyödyntää ja soveltaa arkkitehdin näkökulmasta käytännössä yhtä lailla kaikilla suunnittelusektoreilla sekä osa-alueilla. Simulaatio mahdollistaa suunnittelukohteiden monipuolisen mallintamisen, testaamisen ja muokkaamisen mm. seuraavissa suunnittelutehtävissä:

- rakennussuunnittelussa
- maankäytön suunnittelussa
- sisustussuunnittelussa
- kalustussuunnittelussa
- valaistussuunnittelussa
- tuoteosasuunnittelussa
- detaljisuunnittelussa
- opastesuunnittelussa
- vihersuunnittelussa

Virtuaalimalli on osaltaan korvaamassa sekä täydentämässä pienoismalleja sekä työmaalla tehtäviä malleja. Virtuaalimallin avulla on mahdollista testata useita suunnitelmien ominaisuuksia; niiden toimivuutta ja virheettömyyttä vuorovaikutteisesti ja samanaikaisesti usealla osa-alueella ja monista eri näkökulmista tarkasteltuna, kuten esimerkiksi:

- eri suunnittelualojen yhteensopivuus; parhaimmillaan virtuaalimalli on täydellinen tietomalli, jolloin keinotodellisuudessa voidaan kaikkien suunnittelijoiden ja eri suunnitteluosapuolten kesken liikkua ja tarkistaa sekä säätää kaikki osatekijät ja muuttujat kokonaisuuteen ja toisiinsa sopiviksi sekä kokonaisuuteen istuviksi.
- rakennuksen sijainti, suhde ympäristöön, skaala, massoittelu, mittasuhteet, aukotus
- pintamateriaalit, värimaailma
- tilojen mitoitus, sijoittuminen, koko, kalustettavuus, mittasuhteet
- tiloissa orientoituminen, tilojen hahmottaminen, tilakokemus
- valaistus; luonnonvalo, valonlähteet,
- näkymät: sisänäkymät, näkymät ulos
- kalustus, varustus ja sisustus
- detaljit

Näin ollen virtuaalimalli monilta osin sekä täydentää että myös korvaa perinteisiä, suunnittelijan konstruoimia työmalleja että vähentää myös työmaalla tehtävien työ- ja tilamallien tarvetta.

Virtuaalimallin asettamat vaatimukset suunnitteluhankkeelle

Eri suunnitteluvaiheita palvelevien virtuaalimallien teko edellyttää riittävien lähtötietojen ja tavoitteiden olemassaoloa, syöttämistä, muokkaamista, täydentämistä sekä päivittämistä sähköiseen tietokantaan, eli kolmiulotteisena mallina mallinnettavaan suunnitteluprojektiin, joka on yksi, parhaimmillaan täydellisenä tietomallina suunniteltava CAD-tiedosto. Itse projektitiedosto voi sijaita työaseman kovalevyllä, palvelimella tai projektipankissa, ja sitä voidaan muokata eri henkilöille annettujen valtuuksien antamissa rajoissa.

Jotta virtuaalimallia voidaan hyödyntää jo suunnittelun alkuvaiheesta lähtien, tulee huolehtia siitä, että tarvittavat lähtötiedot ovat käytettävissä kussakin suunnitteluvaiheessa. Hankkeen määrä- ja laatutavoitteet sekä muut sille asetetut ominaisuudet tulee entistä tarkemmin ja laaja-alaisemmin määrittää jo ehdotus- ja luonnossuunnitteluvaiheessa. Tästä seuraa se, että suunnitteluhankkeen aikataulutuksen ja resurssoinnin tulee olla aiempaa etupainotteisempaa.

Virtuaalimallin soveltaminen eri suunnitteluvaiheissa

Virtuaalimallia voidaan hyödyntää eri suunnitteluvaiheissa lähtien liikkeelle alustavista ehdotus- ja luonnosvaihtoehtoista, joissa voidaan aluksi mallintaa kolmiulotteisia, tilaohjelman mukaisia tilavyöhykkeitä, päätyen aina toteutussuunnitteluvaiheen fotorealistisiin, irtokalusteineen, varusteineen ja verhoineen mallinnettuihin keinotodellisuusympäristöihin, johon voidaan liittää kolmiulotteinen maastomalli ja kasvillisuus, sekä panoraama-valokuvattu taikka kolmiulotteisena mallinnettu lähiympäristö ääni- ja liikeanimaoituine ihmisineen ja liikennevälineineen.

Virtuaalimallin aiheuttamat muutokset suunnitteluprosessiin

Kolmiulotteisen mallinnuksen yleistyessä ja vakiintuessa yleiseksi arkkitehti- ja rakennussuunnittelun stardardiksi tulee perinteinen, piirustus(tuloste)pohjainen suunnitteluvaihejako muuttumaan todennäköisesti tieto- ja virtuaalimalliin perustuvaksi tehtävänkuvaukseksi.

Yhtenä selkeänä lähtökohtana voidaan pitää tietomallivaiheiden mukaan jaoteltua ja rytmitettyä virtuaalimallien tekoa, jossa esimerkiksi Senaatti -kiinteistöjen käyttämä jaottelu on seuraava:

<i>-tilakaavio (tieto)malli</i>	<i>(vastaa / korvaa tilaohjelma- ja pohjakaaviot)</i>
<i>-alustava massamalli</i>	<i>(vastaa / korvaa ehdotuspiirustuksia ja perinteistä pienoismallia, eli työmallia)</i>
<i>-rakennusosa(tieto)malli</i>	<i>(vastaa / korvaa rakennustapaselostuksen)</i>
<i>-alustava luonnos</i>	<i>(vastaa / korvaa alustavan L1-luonnosvaiheen)</i>
<i>-lopullinen luonnos</i>	<i>(vastaa / korvaa lopullisen L2 –luonnosvaiheen)</i>
<i>-toteutus(tieto)malli</i>	<i>(vastaa / korvaa työpiirustuksia ja rakennusselostusta)</i>
<i>-lopullinen (tieto)malli</i>	<i>(vastaa / korvaa loppukuvat eli tarkepiirustukset)</i>

Virtuaali- ja tietomallin tullessa osaksi suunnitteluprosessia, tai itse asiassa jopa suunnittelun lähtökohdaksi, tulee kuitenkin samalla muistaa, että edelleenkin itse suunnittelukohde rakennetaan kolmiulotteisena muokattavasta sähköisestä tiedostosta tulostettavien paperitulosteiden eli perinteisten piirustusten avulla, joten nämä tietokonemallit ovat silti - ainakin toistaiseksi - vain apuväline, jolla etukäteen hahmotetaan ja määritellään kohdetta.

Virtuaali- ja tietomallipohjainen suunnitteluprosessi edellyttää suunnitteluhankkeiden aikatauluttamisen ja resurssoinnin suhteen aiemmasta poikkeavaa käytäntöä, jossa hankkeen alku- ja luonnosvaiheessa tarvitaan entistä enemmän lähtötietoja, suunnittelupanostusta ja aikaa. Lisäksi suunnittelu-aikaa tarvitaan virtuaalimallin tuottamiseen, esittelyyn sekä sen pohjalta saadun palautteen antamiseen ja analysointiin.

Virtuaalimallin tekninen toteutus

Tällä hetkellä virtuaalistudiota hyödyntävää keinotodellisuussimulaatiota kehittää ja soveltaa käytäntöön tietyvästi vasta yksi arkkitehtitoimisto. Tässä tutkielmassa pitäydytään teknisen toteutuksen suhteen kyseisen toimiston soveltamisissa käytännöissä.

Oulussa toimiva arkkitehtitoimisto UKI Arkkitehdit Oy on lähtenyt kehittämään ja soveltamaan arkkitehtisuunnittelun virtuaalimallia toimiston käyttämän CAD -ohjelman pohjalta yhteistyössä tietokonepeliyritysten kanssa. Kolmiulotteisen ArchiCAD -mallin pohjalta luodaan suunnitteluhankkeesta kolmiulotteinen virtuaalimalli taikka tilasimulaatio, eli yksi oliopohjainen 3D-tiedosto, josta mallista näkymiä tallentamalla, tulostamalla ja julkaisemalla tuotetaan kaikki suunnitelmat eli piirustukset. Tämän, vakiintuneen suunnittelukäytännön mukaisesti kolmiulotteisena luodun ja työstettävän ArchiCAD -suunnittelutiedoston pohjalta luodaan varsinainen katsojan ja kokijan ympärille simuloitavaa keinotodellisuutta edustava arkkitehtoninen virtuaalimalli.

Vaikka ArchiCAD-ohjelmalla luotua tiedostoa voidaan myös sellaisenaan katsoa 3D-lasien avulla joko näytöltä tai valkokankaalle projisoituna ja pyöriteltävänä 3D-mallina, taikka kamera-ajoon pohjautuvana esivalmisteltuna animaationa, vaatii arkkitehtisuunnittelua ja tietomallia palvelevan CAD-tiedoston siirto ja muokkaus virtuaalistudioon soveltuvaan esitysmuotoon vielä tällä hetkellä oman työvaiheensa, ohjelmistonsa sekä tämän ohjelmiston hallintaan perehtyneet henkilöt.

Tiedoston muunnos virtuaaliesityskelpoiseen muotoon on toistaiseksi välttämätön, lisätyötä, aikaa ja erikoisosaamista vaativa työvaihe, jossa jo kertaalleen mallinnettu ja tuotettu kolmiulotteinen CAD-malli mallinnetaan ja renderöidään pinta pinnalta ja objekti objektilta uudelleen virtuaalistudio -yhteensopivaksi. Tämä työvaihe kestää muutamasta päivästä muutama viikkoihin tai jopa kuukausiin, riippuen kulloinkin tuotettavan virtuaalimallin käyttötarkoituksesta, laajuudesta ja tarkkuudesta.

Yhtenä haasteena on, että tiedostokoko kasvaa helposti aivan liian suureksi ja raskaaksi mallintaa, muokata saatikka simuloida virtuaalistudiossa. Tämän takia joudutaan toistaiseksi tekemään huomattava määrä työtä alkuperäisen, kolmiulotteisena luodun CAD-suunnittelumallin uudelleenmuokkaamiseksi

visualisoinnin kannalta toimivaan sekä turhasta tietomäärästä riisuttuun, käyttökelpoiseen kokoon ja muotoon. Mahdollista ja toivottavaa onkin, että uusi näyttötekniikka ja uudet ohjelmistoversiot sekä muut tuotekehitysinnovaatiot tuovat helpotuksen tähän turhauttavaan tuplatyöhön taakkaan.

Virtuaalimallinnuksen tuotekehittelyssä pyritäänkin siihen, että keinotodellisuutta simuloiva malli voitaisiin lähitulevaisuudessa tuottaa joko suoraan CAD-suunnitteluohjelman luomasta 3D-tiedostosta, siihen joko suoraan integroidun virtuaalimallityökalun, taikka erillisenä optiona saatavilla olevan lisäohjelmiston avulla - samaan tapaan kuten nykyisellään voidaan CAD-suunnitteluohjelmiston tuottamia, visualisointia varten tehtyjä renderöintejä edelleen suhteellisen helposti hioa ja työstää esimerkiksi Artlantis -ohjelmiston avulla visualisointi- ja esittelykäyttöön. Toinen ratkaisumalli on automatisoidun käännösohjelman avulla tuottaa projisointiformaattiin yhteensopiva, 3D-virtuaaliesityskelpoinen tiedostomuoto.

Virtuaalikuvan tekninen toteutus

Kolmiulotteisena koettava kuva voidaan tuottaa projisointipinnoille useammalla tavalla. Vanhimpia ja tunnetuimpia tapoja tuottaa kolmiulotteinen näkö- ja tila-aistimus on kahden, kaksiojektiivisellä stereokameralla otetun kuvan projisoiminen silmiin. Jo ennen tietokoneaikaa lanseeratulla View Master –katselulaitteella on tällä yksinkertaisella tekniikalla aikaansaatu varsin vaikuttava, kolmiulotteinen keinotodellisuusefekti ja katsojakokemus, josta tosin puuttuu liike sekä mahdollisuus liikkua 3D-tilassa.

Yksi tapa tuottaa kolmiulotteisena koettavaa, keinotodellista ympäristöä on projisoida 2D-kuvaa kahden peilin kautta, jolloin 3D-lasien silmäkohtainen, sopivalla taajuudella toteutettu vaiheistus synnyttää silmien takana sijaitsevassa näkökeskuksessa aistimuksen kolmiulotteisesta kuvasta, hieman samaan tapaan kuin sopivalla taajuudella näytetyt still -kuvat luovat illuusion liikkuvasta kuvasta, eli tavallaan samalla tapaa kuin myös perinteisessä elokuvassa on tähän saakka aikaansaatu aisteja huijaamalla ”elävä kuva” eli liikkeen vaikutelma.

Toinen tapa synnyttää 3D-näkö- ja tila-aistimus on suodattaa silmiin tuleva kuva eri suuntiin polarisoivan hilan läpi, jolloin molemmille silmille esitetään eri kuvaa, joista aivoissa muodostuu yksi, kolmiulotteisena aistittava keinoympäristö.

Hologrammina synnitetty, liikkuva, kolmiulotteinen virtuaalikuva, taikka paremminkin virtuaalilahmo, etiäinen, on tieteiselokuvista tuttu näky, joka on jo teknisesti täysin totta, mutta vielä toistaiseksi niin kallis toteuttaa, ettei sitä vielä lähitulevaisuudessa ole mahdollista hyödyntää tavanomaisten suunnitteluhankkeiden simulointiin.

Virtuaalitalan tekninen toteutus

Virtuaalimallin esittely voidaan nykytekniikalla toteuttaa useammalla eri tavalla toteutetuissa simulaatio-studioissa . Tällä hetkellä Suomessa on kaksi CAVE- virtuaalitalaa; VTT:llä Espoossa sekä Seinäjoen teknologiakeskus FRAMI Oy:n tiloissa toimiva Seinäjoen Ammattikorkeakoulun VR-laboratorion CAVE - virtuaalistudio.

Yhteistä kaikille näyttötekniikan osalta eri tavoin toimiville virtuaalistudioille on käytännössä se, että niissä itse esitystilaa on yleensä joko kuution, sylinterin tai puolipallon muotoinen, geometrinen valiomuoto, eli 3D-katsomo - taikka oikeammin sanottuna keinotodellisuuden kokemustila, jonka kaikki pinnat toimivat parhaimmillaan kolmiulotteisena aistittavan, animoidun 3D-kuvan projisointipintoina.

Itse projisointipinta (lattia, seinä- ja kattopinta) voi olla valoa läpäisevä, jolloin 3D-kuva tuotetaan taustaprojektoreilla. Tällainen toteutusmalli on käytössä Seinäjoen teknologikeskus FRAMI:n tiloissa sijaitsevassa ammattikorkeakoulun VR -virtuaalilaboratoriossa, CAVE -tilaksi nimetyssä virtuaalistudiossa. Tämä ratkaisu vaatii huomattavasti taustatilaa dataprojektoreille, sekä itse virtuaalitalan , tässä tapauksessa n. 4 x 4 x 3 metrin kokoisen valkoisen studion ympärille, että myös studion ala- ja yläpuolelle, studion katto- ja lattiatasojen toimiessa myös projisointipintoina.

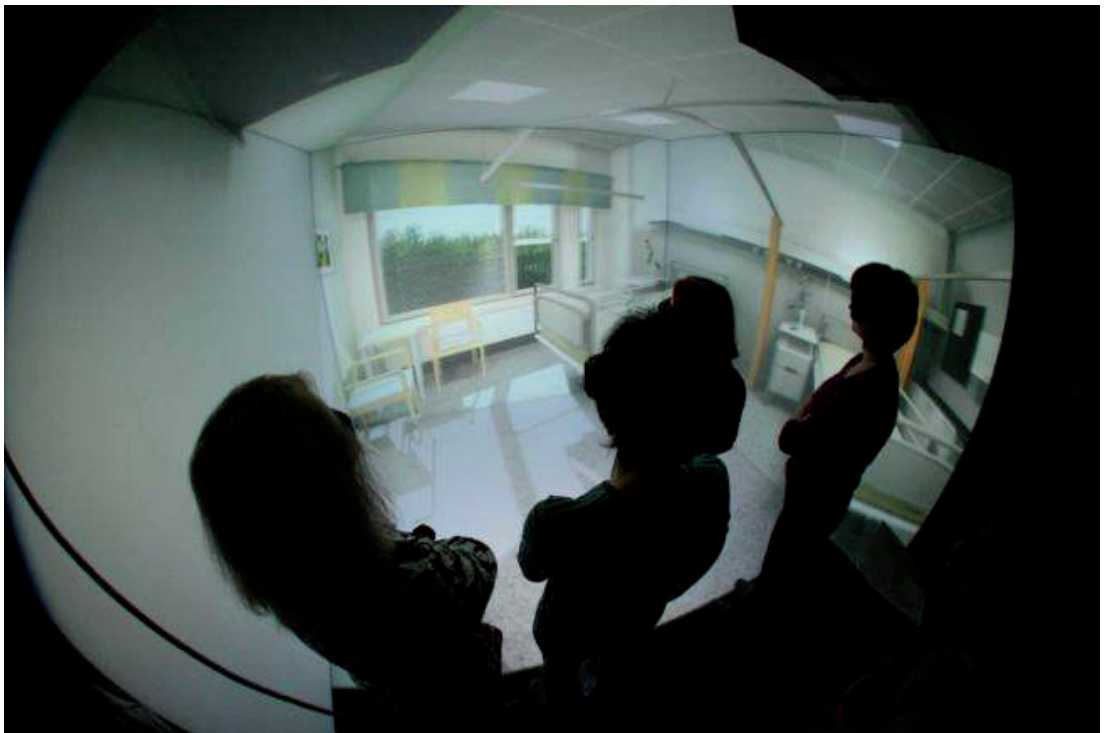


Kuvassa kuutiomainen, taustaprojisoitu virtuaalitala, Seinäjoen VR-laboratorion CAVE-studio.
kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.

Toinen tapa tuottaa 3D-kuva virtuaalitudion pinnoille on toteuttaa nämä projisointipinnat kookkaina 3D-näyttöpaneelina, jotka ovat yleensä LED-, LCD- tai plasmatekniikalla toteutettuja. Ensimmäiset tähän tarkoitukseen riittävän kookkaat, sekä riittävän suuren resoluution omaavat, taulu-TV-tyyppiset näytöt tulivat markkinoille vuonna 2010, tosin ensimmäisen vuoden tuotanto myytiin kerralla yksityiskäyttöön arabimaihin, joten tämän tekniikan soveltaminen on mahdollista lähivuosina, kun tuotantokapasiteetti laajenee ja useampia valmistajia tulee markkinoille.

Näyttöpaneelitekniikalla on etuna se, että projisointipintojen taakse ei tarvitse varata näyttötekniikalle erikseen tilaa, mutta toisaalta LED-, LCD- tai plasmanäyttö ei puolestaan sellaisenaan sovellu lattiatasoon asennettavaksi (ei kestä kävelyä), joten keinotodellisuuskokemus jää näin ollen ilman kalliita suojarakenteita vaillinaisemmaksi kuin taustaprojisointitekniikalla toteutettuna.

Kolmas tapa on sijoittaa 3D-dataprojektorit studion keskelle, lähelle kattoa, jolloin 360 -asteinen 3D-panoraamakuva projisoidaan ympäröiville seinä- ja lattiapinnoille; eli tekniikka on tässä toteutusmallissa käytännössä sama kuin taustaprojisoinnissa käytettävä, mutta toteutustapa on toinen. Tällä tekniikalla on etuna se, että projisointipintojen taakse ei tarvitse varata näyttötekniikalle tilaa, mutta toisaalta itse projisointilaitteet jäävät näkyviin keskelle virtuaalitudion kattoa. Tällä tekniikalla toteutetun virtuaalitalan projisointipinnan muoto voi olla sylinteri, kuten esimerkiksi IMAX –elokuvateattereissa, taikka puolipallo, kuten igluissa ja planetaarioissa. Myös pallon muotoinen virtuaalitudio on mahdollista toteuttaa, mikäli pallon päiväntasaajan korkeudella sijaitseva lattiataso on läpinäkyvää materiaalia.



Kuvassa tarkastellaan Seinäjoen CAVE-virtuaalitudion kuutiosta sen seinä-, katto- ja lattiapinnoille taustaprojisoitua keskussairaalan potilashuoneen virtuaalimallia; kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.

Neljäs tapa tuottaa virtuaalistudiota vastaava keinotodellinen ympäristö on käyttää 3D-videolaseja, eli datalaseja, joiden pinnalle, taikka linssien eteen projisoidaan 3D-kuvaa.

Jo toistakymmentä vuotta markkinoilla olleiden erilaisten virtuaali-, video- ja datalasi- sekä -kypäröiden yleistymistä on rajoittanut lähinnä se, että näiden näyttönä käytettävien 3D-lasien katselukulma on ollut parhaimmillaankin melko suppea, eli tarjonnut korkeintaan 110 asteen näkösektorin, joten tämä tekniikka ei ole tarjonnut muiden toteutustapojen veroista virtuaalielämystä, koska käyttäjä on jäänyt edelleenkin jossakin määrin ulkopuoliseksi katselijaksi ja tarkkailijaksi, virtuaalimaailmaan uppoutuvan ja integroidun kokijan sijaan.



Kuvassa 3D-datalasit, joilla tarkastellaan VTT:n virtuaalipienoismaailmaa.

Kuva: VTT / Täydennetyn todellisuuden ratkaisuja, Prof. Charles Woodward, VTT, Digitaaliset tietojärjestelmät; www.vtt.fi/kuvat/uutta/esitys_Woodward.pdf

Myös 3D-kuvan laadussa jäädään 3D-datalaseilla toistaiseksi jälkeen muiden tekniikoiden avulla tuotettavasta simulaatiosta. Tässäkin suhteessa tekniikka kehittyy, ja lähitulevaisuudessa saadaan virtuaalilaseista varteenotettava, kompakti vaihtoehto. Tosin haittapuoleksi tai rajoitteeksi verrattuna muihin 3D-esitystekniikoihin jää edelleenkin se, että kukin kokija on yksin kulloisessa, yhden hengen yksityisessä keinotodellisuudessaan, eikä voi yhdessä muiden kanssa jakaa samaa, simuloitua kokemusta, eli keskustella ja liikkua muiden henkilöiden kanssa samassa keinotilassa – muutoin kuin korkeintaan 3D-pelaajien kaltaisina, keinotodellisina avatar -hahmoina. 3D-lasien etuna on puolestaan se, ettei erillistä virtuaalistudiota taikka projisointilaitteistoa lainkaan tarvita, vaan keinotodellisuutta voidaan tällä tekniikalla kokea ja esitellä melkein missä tahansa tilassa.

Virtuaalimallin mahdollistamat suunnittelun lisäefektit ja -ulottuvuudet

Virtuaalimallin tilakokemusta voidaan vahvistaa ja täydentää joko lisäämällä taikka muokkaamalla siinä olevia elementtejä esimerkiksi seuraavilla tavoilla:

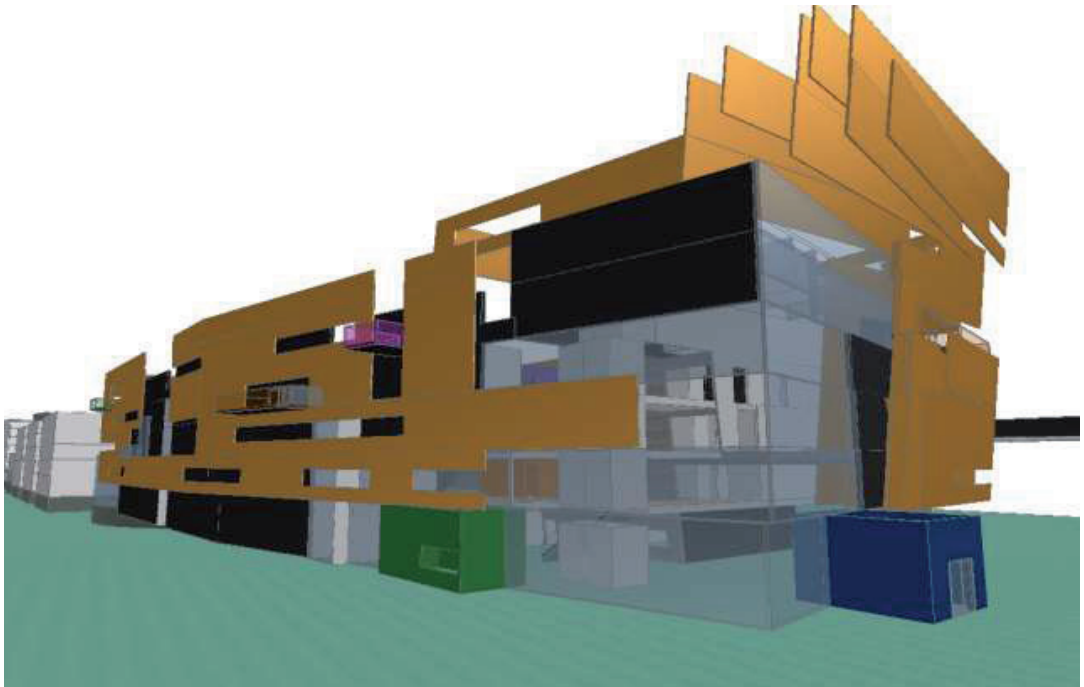
-datahanskat; tuntoaistimuksen simulointi lisää toden tuntua ja konkreettista tilojen, kalusteiden ja pintojen koskettelu ja tunnustelu laventaa aistinvaraista kokemuksellisuutta. Esimerkiksi kirurgille voisi varsin luonteva, hyödyllinen ja toimiva käyttöliittymä olla kosketukseen reagoivat datahanskat.

-animoidut, liikkuvat objektit; liikkuvat ihmishahmot, ajoneuvot, eläimet tuovat toden tuntua ja mittakaavaa.

-äänimaailma; ääntelevät ihmishahmot, eläimet, ajoneuvot ja muut laitteet sekä vaikkapa ulkotilassa koettava veden solina ja puiden humina tuovat toden tuntua ja vahvistavat tilakokemusta; myös tilojen akustiikkaa voidaan tällä tavoin simuloida ja testata.

-muokkaus; virtuaalitilaa voidaan manipuloida simultaanisti vaihtamalla materiaaleja, pintoja, värejä sekä valaistusolosuhteita lisäämällä, poistamalla, vaihtamalla taikka muokkaamalla siellä olevia objekteja.

-erilaiset ohjaimet; virtuaalitilassa liikkumiseen käytettävä liikeohjain muistuttaa konsolipeleistä tuttuja, liike- ja kiihtyvyyssantureilla varustettuja peliohjaimia. Tavanomaisen ohjaimen lisäksi voidaan ajatella käytettäväksi myös kuhunkin hankkeeseen räätälöityjä tai sopivasti ohjelmoituja erikoisohjaimia. Esimerkiksi sairaalahankkeessa tällaisena ohjaimena voisi toimia potilasvuode, jota työntämällä voisi siirtyä sairaalakäytäviä myöten virtuaalitilasta toiseen.



Virtuaalimalli perustuu CAD-suunnitteluohjelmalla tuotettuun kolmiulotteiseen, digitaaliseen malliin; Seinäjoen teknologiakeskus FRAM:n F-talon luonnosvaiheen hahmo, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

Virtuaalimallin tuottaminen ja hyödyntäminen nyt ja tulevaisuudessa

Virtuaalimallin tuottaminen tulee lähitulevaisuudessa helpottumaan ohjelmistojen ja näyttölaitteiden kehitystyön myötä. Kookkaiden virtuaalitudioiden myötä voidaan nykyistä tehokkaammin järjestää virtuaalikiertoja, -neuvotteluja ja -esittelyjä, joihin voivat kerralla osallistua esimerkiksi kaikki suunnitteluhankkeen eri osapuolet.

Virtuaalitekniikan yleistyessä ja halventuessa voidaan ajatella sen käytön hyödyntämistä suunnittelu-palaverien ohella vaikkapa työmaakokousten yhteydessä sekä peruskorjaushankkeissa siten, että laserkeilaamalla ja skannaamalla mallinnettuja, olemassa olevia rakennuksia ja tiloja voidaan simuloida virtuaalitudioon luoduilla malleilla. Tällä tavoin jo tuhoutuneitakin rakennuksia ja ympäristöjä voidaan ikään kuin herättää uudelleen henkiin, jolloin myös ennallistettavan tai uudelleen rakennettavan arvorakennuksen visuaalista näköis-shabloonaa pystytään käyttämään uuden muottina ja mallina.

Samaa keinotodellisuustekniikkaa voidaan myös hyödyntää kääntäen viemällä 3D-simulaatio datalasiin tai projektorin avulla työmaalle, todelliselle rakennuspaikalle, jossa voidaan tällä tavoin simuloida etukäteen seuraavia työaiheita, sekä tulevaa, valmista rakennusta. Tällä tavoin on mahdollista sijoittaa esimerkiksi teräspilari taikka seinäpeili sen ”häämökuvan” osoittamalle, eli täsmälleen oikealle asennuspaikalle. Simulaatiomallin avulla voidaan myös työmaalla hakea ja osoittaa erilaiset työvirheet, kuten mittapoikkeamat suunnitelmiin nähden.

Virtuaalimallin hyödyntämisen suhteen voi nähdä potentiaalisia käyttökohteita kaikilla suunnittelualoilla, joissa kolmiulotteisesta etukäteissimuloinnista on saatavissa hyötyä. Todennäköisesti tässäkin suhteessa tulevaisuudenkuvitelmat muuttuvat arkitodellisuudeksi ensimmäisinä pelimaailman puolella, jossa 3D-näytöt ja -pelit ovat jo täyttä totta.

Keinotodellisuuden tuottaminen rakennetusta ympäristöstä, yksittäisistä rakennuksista sekä niiden sisätiloista antaa arkkitehdille mahdollisuuden myös tehdä aivan muuta kuin perinteistä, suoranaisesti rakennusten tai maankäytön suunnitteluun liittyvää luovaa työtä.

CAD-suunnitteluohjelmistolla luotu virtuaaliympäristö voi toimia vaikkapa tietokonepeliarkkitehtuurin kaltaisena, varsin realistisena toimintaympäristönä, virtuaalialustana. Suosittujen räiskintä-, toiminta-, rooli- ja kaahauspelien ohella on mahdollista kehittää huvi- ja hyöty-tyyppisiä pelejä sekä pelin kaltaisia toimintaympäristöjä, uusia arkkitehtuurisovellutuksia, joissa ”todellisuus-peli-ympäristöissä” eli pelisukupolven helposti omakseen kokemissa ja omaksuvissa puitteissa voidaan esimerkiksi navigoida 3D-ympäristössä karttareittihaku-, palvelu- ja asiointimielessä – taikka päivittää henkilökohtaisen lähiympäristönsä statusta 3D-muodossa. Näin sovellettuna voisi ajatella vaikkapa asunnon etsintää taikka myymistä virtuaalimallin ja –maailman puitteissa. Satunnaista treffiseuraa ja jopa elämäkumppaneita on niitakin jo pitkään etsitty ja myös löydetty virtuaalipelimaailman puolelta, joten myös tämänkaltaisen toimintaympäristö ja –tapa on nousevalle virtuaalisukupolvelle jo entuudestaan tuttu toimintamalli.

Virtuaalimallin hyödyntäminen rakennetun ympäristön ja maankäytön suunnittelussa

Rakennuslupavaiheella virtuaalimalli tarjoaa hyvän testaus- ja tarkasteluvälineen myös maankäytön ja yhdyskuntasuunnittelun sektorilla. Näin voidaan luoda kokonaista kaupunkiympäristöä simuloiva malli, kuten Seinäjoen kaupungin keskusta-alueesta VR4MAX -ohjelmiston avulla luotu malli osoittaa.

Mikäli rakennuslupia haettaessa ryhdytään lähitulevaisuudessa edellyttämään rakennuslupavaiheen tai jopa luonnosvaiheen piirustusten luovuttamista 3D-mallinnettuna tiedostona, voidaan näin luotavan virtuaalimallin avulla ennakkoon tarkastella sekä yhteensovittaa olevaa ja uutta rakennettua ympäristöä sekä rakennusvalvonnan että kaavoituksen näkökulmasta.

Asemakaavojen laadinnassa voidaan joka suhteessa tarkasteltavalla, täydennettävällä sekä päivitettävällä, kadunkulkijan näkökulmasta koettavalla virtuaalimallilla korvata kaavavaiheen työläästi pienoismaallit, jonka avulla päästään ennakkoon liikkumaan, kokemaan ja testaamaan kaavan puitteissa toteutettavaa tulevaa rakennettua ympäristöä.

Myös katu-, puisto-, viher-, tie- ja maisemasuunnittelussa voidaan virtuaalimallin avulla saada aikaan perinteistä presentaatiota laajaa-alaisempi ja todennäköisempi, keinovalokuvamallin tavoin koettava ympäristömalli, jonka voi yhdistää muihin rakennetun ympäristön malleihin.

Kuntien rakennusvalvonta ja asemakaavoitus tulevat todennäköisesti 3D-mallinnuksen yleistessä ja vakiintuessa siirtymään yhteiseen, kolmiulotteisesti mallinnettuun rakennetun ympäristön simulointi-tietokantaan, johon tuotuja uusia rakennushankkeita sekä -alueita on helppo testata ja istuttaa niin rakennuslupa- kuin kaavoitusvaiheessa.

Virtuaalimallin hyödyntäminen rakennussuunnittelussa

Virtuaalimalli toimii projektinhallinnan, pääsuunnittelijan ja projektiarkkitehdin monipuolisena työkaluna. Simulaatiota voidaan hyödyntää niin suunnittelun, kustannusten kuin laadunhallinnan välineenä sekä myös vuorovaikutteista, käyttäjälähtöistä suunnittelua edesauttavana, tehokkaana tulkkausvälineenä.

Suunnitteluvirheiden ja -puutteiden, törmäysten, yhteensopivuuden, estetiikan, toimivuuden, tilankäytön, mitoituksen, materiaalien, värien, orientoitumisen, opasteiden ja valaistuksen sekä näkymien testaus ja tarkastus, vuorovaikutteinen käyttäjä-, tilaaja- ja suunnittelijapalaute, sekä eri osapuolten sitouttaminen projektiin ja suunnitelmiin ovat niitä suunnittelun sekä suunnittelunohjauksen osa-alueita ja elementtejä, joita voidaan virtuaalimallin puitteissa havaita, tarkastella ja muokata - sekä ei-toivotettujen ominaisuuksien osalta myös hallitusti ja hyvissä ajoin karsia.

Virtuaalimalli yhdessä tietomallin kanssa toimii eri suunnitteluvaiheissa kustannushallinnan työkaluna, jolla voidaan hyvin selkeästi havainnollistaa jo varhaisessa luonnosvaiheessa idea- ja toteutusvaihtoehtoja sekä niiden välisiä eroavaisuuksia, joita pelkkiä piirustusversioita katsoessa ei välttämättä muutoin hahmottaisi. Vaihtamalla rakennus- ja pintamateriaaleja taikka valmiita rakennusosatuotteita toisiin saadaan käytännössä lähes reaaliaikaisesti tieto sekä näiden muuttujien kustannusvaikutuksista, samoin kuin vaikutuksesta tilojen toiminnallisiin ja esteettisiin ominaisuuksiin.

Mitä aiemmassa suunnitteluvaiheessa saadaan kaikille osapuolille ymmärrys haetun lopputuloksen sisällöstä; kantavasta ideasta, hahmosta, teemoista, mittakaavasta, ilmeestä, laadusta ja ominaisuuksista, sitä paremmin ja suoraviivaisemmin saadaan suunnittelua ohjattua ja päivitettyä kohti lopullisia suunnitelmia, jolloin suunnitelmat saadaan aiemmin, tehokkaammin ja tarkemmin vietyä toteutuvia, todellisia kustannuksia vastaavaan muotoon myös kustannusmielessä.

Etenkin käyttäjät pääsevät virtuaalimallin sisällä kulkiessaan konkreettisella ja ennen kokemattomalla tavalla käsiksi ja sisään - ei vaan itse selkokielelle auki mallinnettuihin suunnitelmiin - vaan myös niillä tavoiteltavaan lopputulokseen.

Virtuaalimallin avulla vuorovaikutteinen, käyttäjälähtöinen suunnittelu on mahdollista toteuttaa siten, että haluttu lopputulos, siinä ennalta perehtymisen myötä havaitut puutteet, tehtäväksi toivotut muutokset sekä niin tilojen toimivuus kuin muut esteettiset ja laadulliset ominaisuuden voidaan hioa kohdalleen jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa, jolloin niiden kustannusvaikutuksetkin saadaan ajoissa huomioitua.

Virtuaalitalan antama käyttäjäkokemus on saadun palautteen mukaan positiivinen ja osanotto on ollut kiitettävää tasoa. Virtuaaliesittelyjen yhteydessä annettu palaute, sekä negatiivinen että positiivinen, on ollut monipuolista ja hyödyllistä, ohjaten suunnittelua oikeaan suuntaan. Saadun suullisen ja kirjallisen palautteen pohjalta on suunnitelmiin tehty muutoksia ja tarkistuksia, joiden toimivuutta ja sopivuutta on voitu edelleen testata suunnitelmapäivitysten jälkeen järjestetyissä virtuaaliesittelyissä.

Kun suunnitelmien avulla määriteltävä suunnittelukohde tulee jo luonnosvaiheessa järjestettyjen virtuaaliesittelyjen kautta kerralla hyvin hahmotetuksi ja tutuksi, koetaan hanke myös enemmän kiinnostavaksi, omaksi ja todelliseksi. Näin virtuaaliesittelyn avulla saatu elävä ja voimakas tilakokemus motivoi, aktivoi ja sitouttaa käyttäjät sekä myös muut suunnitteluosapuolet paremmin, kiinteämmin ja laaja-alaisemmin mukaan perehtymään itse hankkeeseen, sekä sitä kautta myös suunnitelmiin ja näin myös käyttäjät integroituvat elimelliseksi ja aktiiviseksi osaksi vuorovaikutteista suunnitteluprosessia.

Mitä tarkemmin mallinnettu virtuaalitala on, sitä yksityiskohtaisempia detaljeja koskevat myös siitä annetut ja saadut palautteet. Tämä on hyvä tiedostaa, jotta luonnosvaiheessa ei viedä virtuaalimallia liian pitkälle, jolloin huomio saattaa suurten linjojen sijaan harhautua ja kiinnittyä tuossa vaiheessa epäoleellisiin yksityiskohtiin, joita ei ole vielä ehditty välttämättä juuri lainkaan, saati loppuun saakka miettiä.

Toisaalta riittävä realismi on tarpeen jo alustavassa luonnosvaiheessa, jotta virtuaalimallissa saavutetaan tarvittava toden tuntu. Tämä edellyttää mittakaavaa luovien ja tunnistettavuutta omaavien objektien ja elementtien lisäämistä malliin, pelkän arkkitehdin käyttöön soveltuvan rakennusmassa- ja tilamallin esittelyn sijaan.

Virtuaalimallin heikkoudet ja rajoitteet

Virtuaalimallin heikkoutena perinteisiin pienoismalleihin nähden voidaan pitää sitä, että niiden luoma, katseltava ja koettava aistimus on kuitenkin keino- sellainen, eli pelkkä projisioitu kuvajainen, jota ei voi konkreettisesti, omin käsin kosketella ja pyöritellä (paitsi datahanskoilla, joissa on painesensorit).

Perinteistä, yleensä pahvista, puusta, taikka kennolevystä koottua pienoismallia voi kaikessa rauhassa - ilman mittavia teknisiä apuvälineitä ja ohjelmistoja - katsella eri kulmista, kauempaa ja lähempää, kokonaisuutena ja osina, joita voi myös helposti muokata käsin työstämällä ja osia vaihtamalla, työskennellen kuvanveistäjän tapaan. Virtuaalimallia ei voi myöskään toisaalta asettaa pysyvästi näytteille lasivitriiniin. Tässä mielessä virtuaalimalli tuskin tulee täysin korvaamaan käsin tehtyjä malleja, etenkin pienissä suunnittelukohteissa, tai mikäli halutaan nopeasti ja helposti toteuttaa vaikkapa jotakin rakennusmassaa taikka yksityiskohtaa kuvaava, karkea, konkreettinen työmalli eli suunniteltavan yksityiskohdan työstämiseen soveltuva aihio.

Virtuaalimallin huonona puolena voidaan pitää myös sitä, että esittelykelpoisen 3D-mallin tuottaminen vaatii suunnittelukohteen pidemmälle vietyä ratkaisemista, työstämistä ja hahmottamista, kuin mitä alustavan ehdotuksen taikka luonnoksen arkkitehtonista ideaa, hahmoa, tyyliä ja luonnetta kuvaava perinteinen, perspektiivikuvan avulla tehtävä havainnollistaminen edellyttää. Pelkän viitteellisen ja pelkistetyt, luonnosmaisen havainnekuvan avulla voidaan helpommin jättää tulkinnanvaraisiksi ja avoimiksi asioita, joita ei varhaisessa luonnosvaiheessa ole vielä lainkaan tarpeen, taikka edes mahdollista ratkaista. Eli virtuaalimalli saattaa jossakin tapauksessa hämätä ja antaa virheellisesti liian valmiin ja mietityn oloisen käsityksen todellisuudessa vasta aivan alkutekijöissä olevasta suunnittelukohteesta.

Virtuaalimalli markkinoinnin välineenä

Virtuaalimallin avulla voidaan asiakkaille, tilaajille ja käyttäjille visualisoida ja animoida hankkeita jo hyvin varhaisesta idealuonnos- ja ehdotusvaiheesta lähtien, jossa roolissa se tarjoaa perinteisiä havainnekuvia laajemman kosketuspinnan ja toimii niitä nopeammin kohteesta selkeämmän kokonaiskäsityksen antavana visuaalisen markkinoinnin työkaluna. Tässä tarkoituksessa virtuaalimallin tarjoama tilakokemus ja -elämys on voimakkain ja siitä saatava hyöty on parhaimmillaan silloin, kun sitä esitellään virtuaalitullassa.

Melko hyvän kuvan ja selkeän käsityksen suunnittelukohteesta antaa myös 3D-näytöllä tarkasteltava malli, Tällöin 3D-malli voidaan tallentaa kompaktiin tiedostomuotoon, jolloin tiedosto on lähetettävissä joko sähköpostilla vastaanottajalle - taikka voidaan laittaa nettisivuille tarjolle esimerkiksi VBE -formaattissa.

Virtuaalimallin avulla simuloidussa keinotodellisuudessa liikkumalla tehty tutustuminen kohteeseen tarjoaa mahdollisuuden myös markkinoinnissa vuorovaikutteisuuteen siten, että asiakas voi virtuaalitullassa tutkia, vertailla ja muokata eri materiaali-, kalustus-, valaistus- ja värivaihtoehtoja sekä siirtää tai poistaa väliseiniä.

Virtuaalimallin antaman tiedon ja palautteen kerääminen ja analysointi

Simuloinnista saatua tietoa ja palautetta on kerätty ja analysoitu sekä itse virtuaaliesittelyn yhteydessä että tilanteessa saatua suullista ja kirjallista informaatiota jälkikäteen analysoimalla.

Hyödyllistä suunnittelupalautetta saatiin virtuaalitulassa käydyn vapaan keskustelun sekä heti virtuaalikierroksen jälkeen annetun kirjallisen palautteen muodossa. Kirjallinen palaute kerättiin pyytämällä kaikilta kävijöiltä omakohtainen arvio palautekyselykaavakkeisiin, joiden lisäksi kaavakkeissa oli mahdollisuus antaa myös arvokkaaksi tietolähteeksi osoittautunutta, täysin vapaamuotoista palautetta. Toteutetuissa virtuaaliesittelyissä hankkeita esiteltiin mahdollisimman laaja-alaisesti kaikille halukkaille hankkeen eri osapuolille, mukaan lukien tilaajan, rakennuttajan sekä käyttäjien ohella myös muut suunnittelijat, urakoitsijat sekä suunnittelua ohjaavat ja valvovat viranomaiset.

Runsain, aktiivisin ja konkreettisin, sekä sitä kautta myös suunnittelun kannalta hyödyllisin palaute on saatu etenkin käyttäjien taholta, joka onkin koettu virtuaalimallinnuksen tärkeimmäksi hyödyksi, koska käyttäjien tarpeisiin rakennuksia viime kädessä suunnitellaan.

Saatua suunnittelupalautetta on analysoitu, purettu ja tiivistetty informatiiviseen muotoon käyttämällä tähän analysointitarkoitukseen soveltuvia tietokoneohjelmistoja, kuten esimerkiksi Microsoft Office-ohjelmiston ja Excel-taulukkolaskennan tarjoamien erilaisten prosenttijakauma- ja pylväsdiagrammien avulla tehtäviä tilastollisia, graafisia ja geometrisiä sekä numeraalisia tarkasteluja.

Vastaustuloksia on analysoitu myös ZEF -ohjelmalla, jolla voidaan selkeässä ja havainnollisessa nelikenttämuodossa kuvata arviointivastausten painopistettä sekä jakaumaa visuaalisten vastausparvien muodossa. Näin on voitu todentaa, missä määrin suunnitelmat täyttävät niille asetetut tavoitteet sekä käyttäjien, tilaajan, rakennuttajan että myös muiden suunnittelijoiden näkökulmasta, sekä miltä osin niitä on syytä muokata palautteen mukaiseen suuntaan.

Suullista ja visuaalista suunnittelupalautetta on taltioitu myös videoimalla ja äänittämällä virtuaaliesittelyjä, joiden kuva- ja ääninauhoilta saatu keskustelu- ja kommenttimuotoinen palaute on koostettu kirjalliseen muotoon. Tosin tällä tapaa kerätyn, laajan aineiston seulominen ja saattaminen suunnittelua palvelemaan muotoon on ollut turhan hidasta; suunnittelun sillä välin edetessä on vaarana, että palaute ehtii vanheta, ennen kuin tieto saadaan seulottua ja suodatettua suunnitteluryhmän käyttöön.

Kuhunkin hankkeeseen on sovellettu kysymys-vastaus -vaihtoehtoihin perustuvaa, ”rasti ruutuun” -tyyppistä CAVE -palautekyselykaavaketta, jota on räätälöity aina kunkin hankkeen, suunnitteluvaiheen sekä esiteltävien tilojen käyttötarkoituksen sekä edellisistä virtuaalikeskusteluista saatujen kokemusten mukaan.

Pääsuunnittelija ja vastuullinen projektiarkkitehti ovat molemmat olleet virtuaaliesittelyissä aktiivisesti mukana, joten heille on syntynyt suora ja hyvä kokonaiskuva palautteesta. Työnjako on toiminut siten, että joko pääsuunnittelija tai projektiarkkitehti on keskittynyt hankkeen esittelyyn, ja toinen on vastannut saadun palautteen kokoamisesta, käsittelystä ja tiedottamisesta sekä edelleen käytännön toimenpiteiksi muokkaamisesta etenkin käyttäjien ja suunnitteluryhmän suuntaan.

Palautekyselylomakkeissa on luodattu kantaa ja pyydetty arviota mm. seuraaviin suunnittelunäkökohtiin:

- vastaajan nimi, ikä, sukupuoli, ammatti, tehtävä (vastaukset käsitellään luottamuksellisesti, nimettöminä)
- tila / tilat jossa / joissa kävit
- ensivaikutelma; rakennus, tilat
- orientoituvuus, opasteet
- kulkuyhteydet, esteettömyys; hissit, portaat, luiskat, kulkuaukot
- tilojen sijoittuminen; rakennuksessa ja suhteessa toisiinsa
- tilaominaisuudet; muoto, koko, kalustettavuus, ovet, ikkunat
- kalusteet, varusteet ja laitteet
- materiaalit ja värit
- valaistus
- toimivuus, ergonomisuus
- turvallisuus
- viihtyisyys
- näkymät; sisällä, ulos
- orientoituvuus, opasteet
- virtuaaliesittelyn toteutus, sisältö, laajuus, hyödyllisyys
- halukkuus nähdä lisää virtuaalitiloja; jos, niin mitä
- vapaamuotoinen palaute



Kuvassa tarkastellaan teknologiakeskus FRAM:n F-talon aulan luonnosvaiheen virtuaalimallia, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

Kokemuksia suunnitteluhankkeista, joissa on hyödynnetty virtuaalimallia

CASE 1: Seinäjoen keskussairaalan laajennus, Y-talo, v. 2009-2010

Yksityiskohtainen, lähes fotorealisticella tarkkuudella työstetty virtuaalimalli toteutettiin sairaalarakennukselle tyypillisistä ja tärkeistä huonetiloista HospiCaseY -pilottihankkeen osana virtuaalimallinnettujen huonetilojen pohjalta; potilashuoneesta, lääkärin vastaanottohuoneesta, päivystyskeskuksen triage-tilasta (tila, jossa tehdään potilaiden luokittelu hoidon kiireellisyyden mukaan) sekä sisätautien moduulitilasta tehtiin tarkat virtuaalimallihuoneet niitä yhdistävine käytävineen.

Suunnitteluhankkeen aikana tehdyillä virtuaaliesittelyillä oli konkreettinen vaikutus suunnitelmiin; selkeimmät, esiin nousseet reaktiiviset muutostarpeet ja –toiveet sekä myös aktiivisesti esitetyt uudet ideat ja näkökohdat voitiin ottaa huomioon suunnitelmien päivityksissä, samalla käyttäjäosapuoli koki olleensa kiinteästi mukana suunnittelutyössä. Käyttäjä toimi oman erikoisosaamisalansa tietolähteenä, suunnittelua ohjaavana ja muokkaavana aktiivisena toimijana, eli jopa käytännössä suunnittelijana niissä tiloissa, joissa arkkitehdilla ei ole ymmärrystä tai oikeanlaista, riittävää tietoa toiminnoista tmv. suunnittelukriteereistä.

Hyvänä esimerkkinä Y-talon virtuaalimallin myötä tehdyistä suunnitelmien muokkauksesta oli lääkärin vastaanottohuone, jonka tilan kalusteiden sijoittelusta, varusteista ynnä muista yksityiskohdista oli tarkkaan sovittu lukuisissa käyttäjäpalaverissa. Vastaanottohuoneen virtuaaliesittelyn ja –testauksen jälkeen huoneen hoitonurkkaus todettiin liian ahtaaksi lääkejääkaapin ja säilytyskalusteen sijainnin vuoksi, eli tämä laadituissa suunnitelmissa esitetty asia avautui käyttäjälle vasta virtuaalitilassa.



Kuvassa tarkastellaan Seinäjoen keskussairaalan Y-talon potilashuoneen virtuaalimallia, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.

CASE 2: Rokuan leiri- ja kurssikeskus, peruskorjaus ja laajennus, v. 2009-2010,
Oulun Seurakuntayhtymä

Leirikeskuksen luonnosvaiheen virtuaalimalli esitti uudisrakennuksen tietomallista toteutetun hahmo- ja tilamallin. Mallia täydennettiin rakennusalueen ympäristön simuloivalla maastomallilla, johon sisältyi paikalta kuvattuja panoraamanäkymiä rakennuksen keskeisten tilojen kohdalla. Malli mahdollisti virtuaalitilassa rakennusten tiloihin tutustumisen lisäksi myös rakennuksen ulkopuolisen tarkastelun, hahmon ja tilojen suuntauksen esittelyn suhteessa ympäröivään maisemaan.

Luonnosvaiheen virtuaaliesittelyiden vaikutus tilasuunnitteluun oli merkittävä. Kohteen päärakennuksen aulatilat todettiin tilaajan ja käyttäjän kanssa tiloiltaan ja suuntautuvuudeltaan keskeneräisiksi, mikä johti luonnossuunnitelman merkittävään kehittymiseen. Muiden tilojen osalta suunnitelma todettiin onnistuneeksi ja kaikki osapuolet vakuutuivat esitetyistä suunnitteluratkaisuista.

Yksittäisten tilojen esittely virtuaalimallissa toi esille yksityiskohtia, jotka yleensä havaitaan vasta myöhemmin suunnittelun aikana. Tilaajan ja käyttäjän oli selvästi helpompi selvittää rakennuksen tilojen käytön tavoitteita virtuaalimallissa. Esimerkkinä olivat kohteen koulutustilat, joista saatiin tarkempaa tietoa tilaan sopivasta aukotuksesta, yleisvalaistuksesta, sekä käyttäjän esityksiä tilan kalustukseen ja tilassa käytettävään esitystekniikkaan.



Kuvassa käyttäjät ja tilaajat arvioivat Rokuan leiri- ja kurssikeskuksen seurakuntasalin virtuaalimallia, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

CASE 3: Seinäjoen teknologiakeskus FRAMI Oy , uudisrakennus F-talo, v. 2010-2011 /
Seinäjoen ammattikorkeakoulun liiketoiminnan opintolinjan toimitilat (SeAMK)

Virtuaalimalli toteutettiin luonnosvaiheessa koko uudisrakennusta sekä rakennuksen lähiympäristöä simuloivana, alustavana hahmo- ja tilamallina, sekä myöhemmässä toteutussuunnitteluvaiheessa tilakohtaisesti tehtynä, kalustettuna huonetilamallina tyyppilisten huonetilojen osalta.

F-talon virtuaaliesittelyistä saatua laaja-alaista käyttäjäpalautetta hyödynnettiin suunnitteluhankkeen testauksessa ja ohjauksessa mm. rakennuksen pääaulan, opetus- ja toimitilojen sekä ravintolasalin tilamitoitusta, aukatusta, kulkuteitä, materiaali- ja värimaailmaa sekä kalustusta suunniteltaessa.

Käyttäjien mukaan virtuaaliesittelyt lisäsivät sekä käyttäjien ymmärrystä että kiinnostusta tulevia toimitiloja koskevia suunnitelmia kohtaan, antaen samalla henkilökunnalle parempia valmiuksia sekä paneutua suunnitelmien sisältöön että toisaalta myös motivoivat ja kannustivat kommentoimaan niitä.

Virtuaalisten työmaatarkastus- ja mallikatselmuskierrosten myötä käyttäjät kokivat ja ottivat hankkeen enemmän omakseen. Kolmiulotteinen, bittiavaruuteen luotu etiäinen avasi suunnitelmat selkokielelle, tuoden simulointitekniikan avulla tulevaisuudessa toteutettavan hankkeen konkreettisesti lähelle loppukäyttäjiä - tilojen tarvitsijoille ja hyödyntäjille helpommin ymmärrettävään, sulateltavaan ja kommentoitavaan, käyttäjäystävällistä ja vuorovaikutteista suunnittelua palvelevaan muotoon.



Kuvassa tutustutaan Seinäjoen F-talon virtuaalimalliin Seinäjoen CAVE-tilassa; näkymä aularavintolasta, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

Yhteenveto

Virtuaalimallin lähtökohtana on suunnittelukohteen kolmiulotteinen CAD-mallinnus, jonka pohjalta tehdään käyttäjälähtöisesti tarkasteltava 3D-virtuaalimalli.

Virtuaalimallia työstetään rinnan 3-ulotteisen suunnitelman ideoimisen, työstämisen ja tarkentamisen kanssa, siten, että jo luonnosvaiheessa käyttäjä ja tilaaja pääsevät tarkastelemaan, testaamaan ja ohjeistamaan suunnitelmien kolmiulotteista mallia, liikkumalla vapaasti luonnollisessa koossa olevassa keinotodellisuudessa.

Erilaisissa suunnittelutehtävissä, kuten maankäytön visioinnissa, uudisrakennusten suunnittelussa sekä myös vanhojen rakennusten korjaus-, täydennys- ja muutos- suunnittelussa voidaan virtuaalimallin avulla saada suunnitelmiin reaaliaikaista, välitöntä käyttäjäpalautetta ja suoraa suunnitteluohjausta, jolloin:

- käyttäjä ja tilaaja saavat jo varhaisessa luonnosvaiheessa hahmotettua selkeän, testatun ja totuudenmukaisen kuvan esitettyjen alustavien ideoiden sisällöstä ja toimivuudesta, joten suunnitelmien hahmottaminen, sisäistäminen, kommentointi ja ohjaus on helpompaa.
- eri vaihtoehtoja, versioita sekä ratkaisumalleja voidaan tarkastella, työstää ja vertailla simultaanisesti kolmiulotteisessa virtuaaliympäristössä, jolloin hankkeen suunnittelu alustavista ehdotuksista ja ideoista kohti hallittua toteutussuunnittelua nopeutuu.
- toisin kuin perinteisiä pienoismalleja, perspektiivikuvia taikka CAD-tietokoneanimaatioita tarkasteltaessa, saadaan 3-ulotteisen keinotodellisuuden avulla suunnitelmiin 1:1 mittakaavainen käsi-, korva-, jalka- ja silmätuntuma eli laaja-alainen, aistinvarainen käyttäjäkokemus, johon on mahdollista simuloida realistisen valaistuksen, materiaalien, pintastruktuurien, kasvillisuuden sekä värien ohella myös liikkuvat ihmiset, ajoneuvot sekä kolmiulotteinen äänimaailma.
- eri suunnitteluvaiheissa tehtävien virtuaaliesittelyjen ja tarkastelujen avulla voidaan suunnittelua ohjata tehokkaammin, tarkemmin ja tuloksekkaammin kohti toivottua lopputulosta, joten suunnittelun- ja laadunohjauksen välineenä virtuaalimallinnus säästää sekä kustannuksia että tuottaa tarkoituksenmukaisemman ja laadukkaamman lopputuloksen.
- kolmiulotteinen simulointi yhdistettynä tietomallinnukseen mahdollistaa hankkeen kustannustason laskennan, vertailun sekä kustannuskehityksen tarkan hallinnan jo luonnosvaiheesta alkaen, mutta vaatii toisaalta entistä etupainotteisempaa suunnittelua, jolloin ehdotus- ja luonnossuunnitelmien ideointiin, vaihtoehtojen vertailuun, kehittelyyn ja kypsyttelyyn tarvittava, käytettävissä oleva aika on vaarassa lyhentyä, mikä tulee huomioida jatkossa jo hanke- ja projektisuunnitelmia laadittaessa.
- valmiit suunnitelmat ovat ”katu-uskottavia” eli ennalta käyttäjän näkökulmasta testattuina virheettömpämpiä, toimivampia ja paremmin tutkittuja.

Analyysi

Virtuaalimallin esittely virtuaalitalassa on muutaman rakennushankkeen myötä saatujen käyttökokemusten perusteella todettu hyväksi työkaluksi, suunnittelulle konkreettista lisäarvoa antavaksi palveluksi, joka parantaa suunnittelun laatua, sitouttaa käyttäjät hankkeeseen, vähentää virheitä ja helpottaa yhä monimutkaisemmaksi käyvän suunnitteluprosessin visualisointia, ohjausta sekä hallintaa kohti toivottua lopputulosta. Käyttäjiltä saatu palaute on ollut voittopuolisesti positiivista ja on kannustanut työstämään virtuaalimallinnusta ideasta ja konseptista kohti valmista, kaikille asiakkaille tarjottavaa uutta suunnittelutuotetta.

Tekniikan ja CAD-suunnitteluohjelmistojen kehittyessä päästään lähitulevaisuudessa tilanteeseen, jossa virtuaalimalli syntyy kolmiulotteisena tiedostona suunniteltavan CAD-tietomallin myötä tulevana sivutuotteena – ilman, että merkittävää lisätyötä on enää sen eteen tarpeen tehdä.

Vuosi 2010 oli joka suhteessa kolmiulotteisen esitystekniikan läpimurtovuosi; markkinoille tulivat 3D-televisiot, 3D-tietokoneet sekä muut viihde- ja informaatiotekniikkaa palvelevat 3D-näyttösovellutukset. Tämä tekninen kehitys luo pohjan virtuaalimallien ja virtuaalitalojen laajalle käyttöönotolle myös kaikessa CAD-suunnittelua hyödyntävässä suunnittelussa.

Kookkaiden 3D-näyttöjen ja dataprojisointitekniikan kehittyessä ja yleistyessä myös virtuaalitalaan soveltuvan 3D-näyttötekniikan erilaiset toteutusmahdollisuudet sekä niiden hintataso ja laskee huomattavasti nykyisestä. Tällöin myös katsojan ja kokijan tähän keinotodellisuuden tuottamaan tulevaisuuden ihmemaahan vievän välineen, virtuaalistudion, hankinta- ja toteutuskustannukset kohtuullistuvat murto-osaan nykyisestä, jolloin virtuaalimallista tulee jokaisen suunnittelutoimiston oivallinen apuväline, josta etenkin pääsuunnittelija pääsee hyötymään suunnitteluhankkeen ohjauksen, yhteensovittamisen ja suunnittelulaadun vastuuhenkilönä.

Lähitulevaisuudessa tullaan rakentamaan sekä keveitä, liikuteltavia että myös kookkaita, yhteiskäyttöisiä ja monitoimisia virtuaalistudioita, -auditorioita ja -teattereita, jotka toteutetaan yhteistyössä oppilaitosten, kuntien ja yritysten kesken. Näissä puitteissa voidaan kerralla laajalle yleisölle esiteltävien suunnittelukohteiden simuloinnin ohella järjestää 3D-virtuaalitapahtumia esimerkiksi luento-, konsertti- ja kokoustapahtumien sekä teatteriesitysten parissa.

Pääsuunnittelijan kannalta virtuaalimallin ja –tilan avulla toteutettu suunnitelmien 3D-esittely, havainnollistaminen ja testaus, sekä sen myötä saadun ja analysoidun palautteen perusteella tarpeelliseksi havaitut ja tehdyt suunnitelmataarkistukset ja muutokset ovat osoittaneet kolmiulotteisen visualisoinnin – simuloinnin – toimivan hyvänä, joskin toistaiseksi lisätyötä ja –aikaa vaativana, aiempaa käyttäjäystävällisempänä työvälineenä sekä suunnittelunhallinnan, suunnitelmien yhteensovittamisen, ohjauksen että laadunvarmistuksen kannalta.

Tilasimuloinnin käytön yleistyminen yhdessä tietomallin vakiintumisen kanssa muokkaa ja muuttaa vallitsevaa suunnittelukäytäntöä etenkin siinä suhteessa, että suunnitteluprojektissa tarvittavien suunnitteluresurssien ja ajankäytön painopiste siirtyy siten, että panostuksen tarve lisääntyy ja kohdistuu entistä enemmän suunnittelun alkuvaiheeseen, mikä tulee huomioida aikatauluissa.

Lähteet

UKI Arkkitehdit Oy:n ja Seinäjoen Ammattikorkeakoulun henkilöstön haastattelut ja kuva-aineisto v.2011 ;

- toimitusjohtaja Mikko Heikkinen / CAVE-virtuaalimalli, VALO -virtuaalisuunnittelukonsepti
- projektiarkkitehti Pauli Koivisto / Seinäjoen keskussairaalan laajennus, Y-talo
- projektiarkkitehti Pertti Hartikainen / Rokuan leiri- ja kurssikeskus
- projektiarkkitehti Nina Hokka / Seinäjoen Ammattikorkeakoulun uudisrakennus, F-talo
- rakennussuunnittelija Jaakko Teppola / CAVE-virtuaalimallien työstö
- laboratorioinsinööri Tapio Hellman / SeAMK:n VR -laboratorio, CAVE -virtuaalistudio

Arkkitehti Pauli Koiviston diplomityö, Oulun Yliopiston Arkkitehtuurin osasto, 25.05.2010;
Virtuaaliympäristö käyttäjälähtöisen suunnittelun apuvälineenä /
case Seinäjoen keskussairaalan laajennus

-linkki: HospiCaseY – Käyttäjälähtöinen Y-talo / www.hospicasey.fi –internet –sivusto



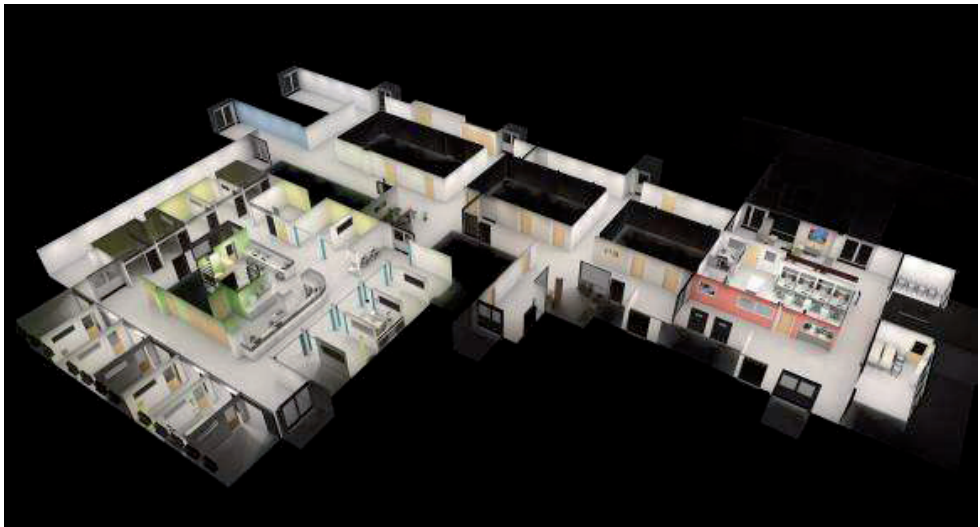
Kuvassa nautiskellaan Seinäjoen CAVE- virtuaalistudion tuottamasta 3D-tieteiselokuvan kaltaisesta lumetilakokemuksesta, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2010.

Virtuaalimallien julkiset demot

SeAMK:n tekniikan yksikön VR-laboratorion julkiset demot;

PC-klusterimallit VR4MAX:lle , kuten mm:

- Seinäjoen kaupungin keskusta (SeAMK, Virtuaali-Seinäjoki -projekti)
- Sairaalan potilashuoneiden, vastaanottohuoneiden ja päivystyskeskuksen sisätilat (VTT, HospiTool- ja HospiCaseY -projektit)
- UKI Arkkitehdit OY:n suunnitelma liiketalouden yksikön uudisrakennuksesta Frami F:stä (UKI Arkkitehdit Oy)
- Latvian Liepajan Pyhän Kolminaisuuden kirkon (rakennettu v. 1758) sisä- ja ulkotilat (SeAMK, 3D Bridge-projekti)
- Malli Holiday Inn Tallinn –kylpylästä, jota ei vielä ole rakennettu (3DRender)
- Arkkitehtien Eliel Saarinen, Herman Gesellius, ja Armas Lindgren suunnittelema Suomen Paviljonki vuoden 1900 Pariisin maailmannäyttelystä (TKK. TKY, TaiK, HandsOn -projekti)
- Arkkitehti Alvar Aallon suunnittelema Suomen paviljonki vuoden 1939 New Yorkin maailmannäyttelystä
- Mallaskosken panimon automatisoitu tölkityslinja 3D-animaatiolla ja äänillä (SeAMK)
- Laivahytin sisätilat (Birka Lines)



Seinäjoen keskussairaalan Y-talon virtuaalimalli, jossa tilat tarkasteltavissa myös yläpuolelta avonaisen pienoismallin tapaan, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.



Kuvassa tutkitaan Seinäjoen keskussairaalan Y-talon tulevia tiloja virtuaalimallin avulla, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009.



Seinäjoen keskussairaalan toimenpidehuoneen tarkkaan mallinnetun virtuaalitalan testaus käynnissä, kuva: UKI Arkkitehdit Oy 2009

11. Pääsuunnittelijakoulutus on suunnittelun ja johtamisen koulutusohjelma, jonka tavoitteena on tukea pääsuunnittelutehtävissä toimivien asiantuntijoiden edellytyksiä ja valmiuksia vastata tulevaisuuden osaamisvaatimuksiin. Koulutuksen laajuus on 17 opintopistettä. Aalto University Professional Development - Aalto PRO - valmentaa sekä uusia että kokeneita osaajia edelläkävijöiksi alallaan. Aalto PRO:n koulutukset ovat yhdistelmä käytännön osaamista ja uusinta tutkimustietoa. Oppijakeskeisyys on koulutuksissa avainroolissa. Aalto PRO tarjoaa monipuolisen valikoiman koulutuspalveluita ja laajan osaamisverkoston.

ISBN 978-952-60-4492-7 (pdf)
ISSN-L 1799-4950
ISSN 1799-4969 (pdf)

Aalto-yliopisto

Aalto University Professional Development - Aalto PRO
www.aalto.fi

**KAUPPA +
TALOUS**

**TAIDE +
MUOTOILU +
ARKKITEHTUURI**

**TIEDE +
TEKNOLOGIA**

CROSSOVER

**DOCTORAL
DISSERTATIONS**